

REST AVAILABLE COPY

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

H01L 21/306

H01L 21/3213 H01J 37/305

H01L 21/465

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 98806122.8

[43]公开日 2000年7月26日

[11]公开号 CN 1261458A

[22]申请日 1998.4.15 [21]申请号 98806122.8

[30]优先权

[32]1997.4.16 [33]US [31]08/834356 + 6.04.1.738

[86]国际申请 PCT/US98/07729 1998.4.15

[87]国际公布 WO98/47172 英 1998.10.22

[85]进入国家阶段日期 1999.12.13

[71]申请人 麦克里昂公司

地址 美国马萨诸塞州

[72]发明人 小J·D·凯西 A·多伊勒

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

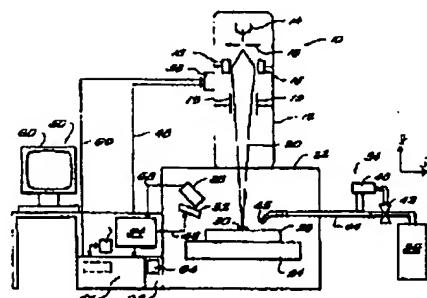
代理人 邹光新 叶恺东

权利要求书3页 说明书11页 附图页数5页

[54]发明名称 用气体辅助聚焦粒子束系统修补图形薄膜

[57]摘要

本发明提供一种使用聚焦粒子束系统从其衬底上有不透明薄膜图形的工件中去除多余部分的方法,更具体地提供了使用含溴的刻蚀气体的气体辅助刻蚀方法。本发明一方面提供了一种方法,包括如下步骤:(1)将工件安装在可在X和Y方向移动的可移动台上;(2)用聚焦粒子束扫描其衬底上有不透明薄膜图形的工件的选定表面区域;(3)检测作为扫描工件步骤的结果从工件发射的粒子的强度;(4)基于检测到的粒子强度确定薄膜图形的形状;(5)基于薄膜图形的形状确定薄膜图形的多余部分;(6)用聚焦粒子束刻蚀多余部分;和(7)在刻蚀步骤的同时,在多余部分附近的选定区域引入刻蚀气体。刻蚀气体包括溴和含溴材料。刻蚀气体还可包括水蒸汽。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1、利用聚焦粒子束系统从其衬底上有图案不透明薄膜的工件中去掉多余部分的一种方法，包括的步骤有用聚焦粒子束照射所说工件的所说的多余部分，在照射步骤的同时引入刻蚀气体到所说的多余部分5周围的选定区域，所说的刻蚀气体包括溴和水蒸气，从所说的不透明薄膜中去掉选定的部分后停止所说的照射步骤。

2、权利要求1叙述的方法，其中所说的不透明薄膜是从包括铬膜和硅酸铜薄膜的不透明薄膜组中选出的。

3、权利要求1叙述的方法，其中水和溴的比例是1摩尔水比1摩尔到100摩尔之间的溴。

10 4、权利要求1叙述的方法，其中水和溴的比例是1摩尔水比5摩尔到30摩尔之间的溴。

5、权利要求1叙述的方法，其中所说的衬底是石英。

6、权利要求1叙述的方法，还包括的步骤有在所说的停止步骤之后用所说的聚焦粒子束照射所说的衬底的选定部分，和在所说的衬底照射步骤的同时用一清除气体去掉所说衬底的所说的选定部分的表面层，以保证所说的衬底的所说的选定部分对电磁辐射有高的穿透率。

15 7、权利要求1叙述的方法，其中所说的清除气体是氟基的。

8、权利要求1叙述的方法，其中所说的清除气体是二氟化氙。

20 9、权利要求1叙述的方法，还包括的步骤有在所说的照射步骤之前把所说的工件放在一个可以在X和Y方向移动的台子之上，所说的薄膜在所说的衬底上被制成图案，所说的薄膜有一多余部分。

10、权利要求1叙述的方法，其中所说的对准步骤还包括的步骤有通过控制引入到所说的多余部分周围选定部分的刻蚀气体的量限制由于过量的所说的刻蚀气体引起的对所说的聚焦粒子束系统的其它元件的损害。

25 11、权利要求1叙述的方法，其中所说的工件是从包括光掩模，X射线掩模和刻线的组中选出的。

12、利用聚焦粒子束系统从其衬底上有图案不透明薄膜的工件中去掉多余部分的一种方法，包括的步骤有用聚焦粒子束扫描工件的一个选定区域，该工件有在衬底上形成图案的不透明薄膜，探测作为用所说的聚焦粒子束扫描的结果从所说的工件中发射的粒子的强度，根30

据探测到的粒子的强度确定所说的图形薄膜的形状，确定所说的图形薄膜的多余部分，用聚焦粒子束刻蚀所说多余部分，在所说的刻蚀步骤的同时引入刻蚀气体到所说的多余部分周围的选定区域，所说的刻蚀气体包括溴和水蒸气。

5 13、权利要求 12 叙述的方法，其中所说的不透明薄膜是从包括铬膜和硅酸铜薄膜的不透明薄膜组中选出的。

14、权利要求 12 叙述的方法，其中水和溴的比例是 1 摩尔水比 1 摩尔到 100 摩尔之间的溴。

10 15、权利要求 12 叙述的方法，其中水和溴的比例是 1 摩尔水比 5 摩尔到 30 摩尔之间的溴。

16、权利要求 12 叙述的方法，其中所说的衬底是石英。

15 17、权利要求 12 叙述的方法，还包括的步骤有用所说的聚焦粒子束扫描所说的衬底的选定部分，和在所说的衬底照射步骤的同时用一清除气体去掉所说衬底的所说选定部分的表面层，以保证所说的衬底的所说的选定部分对电磁辐射有高的穿透率。

18、权利要求 17 叙述的方法，其中所说的清除气体是氟基的。

19、权利要求 18 叙述的方法，其中所说的清除气体是二氟化氙。

20 20、权利要求 12 叙述的方法，还包括的步骤有在所说的工件扫描步骤之前把所说的工作放在一个可以在 X 和 Y 方向移动的台子之上，所说的薄膜在所说的衬底上被制成图案，所说的薄膜有一多余部分。

21、权利要求 12 叙述的方法，其中所说的对准步骤还包括的步骤有通过控制引入到所说的多余部分周围选定部分的刻蚀气体的量限制由于过量的所说的刻蚀气体引起的对所说的聚焦粒子束系统的其它元件的损害。

25 22、权利要求 1 叙述的方法，还包括的步骤有在所说的工件扫描步骤的同时引入刻蚀气体到所说的选定表面区域周围的选定区域，所说的刻蚀气体包括溴。

30 23、利用聚焦粒子束系统从其衬底上有图案不透明薄膜的工件中去掉多余部分的一种方法，包括的步骤有用聚焦粒子束照射所说工件的所说的多余部分，所述工件的衬底上有不透明薄膜图案，所说的不透明薄膜是从包括铬膜和硅酸铜薄膜的不透明薄膜组中选出的，在照射步骤的同时引入刻蚀气体到所说的多余部分周围的选定区域，所说

的刻蚀气体包括溴，从所说的不透明薄膜中去掉选定的部分后停止所说的照射步骤。

24. 权利要求 23 叙述的方法，其中所说的刻蚀气体还包括水蒸气。

5 25. 利用聚焦粒子束系统从其衬底上有图案不透明薄膜的工件中去掉多余部分的一种方法，包括的步骤有用聚焦粒子束照射所说工件的所说的多余部分，在照射步骤的同时引入刻蚀气体到所说的多余部分周围的选定区域，所说的刻蚀气体包括溴，从所说的不透明薄膜中去掉选定的部分后停止所说的照射步骤，由此所说的引入步骤在所说的刻蚀步骤的同时去掉所说的多余部分，使衬底表面光滑平整。  
10

## 说 明 书

### 用气体辅助聚焦粒子束系统修补图形薄膜

本发明与聚焦离子束处理，特别是工件的修补有关，该工件有在  
5 村底上的不透明图形薄膜，例如光掩膜，X射线掩膜，或者刻线。

为了有选择的去掉材料而不用图形抗蚀剂掩膜，这些工件的制造者广泛采用聚焦离子束(FIB)方法。这个方法的好处在于，FIB系统可以既作为扫描离子显微镜又作为精确研磨系统工作。所以，采用 FIB  
10 方法，制造者可以对一个工件成象（图象从离子束引起的粒子，即二次电子或者二次离子推导出），定位工件的不透明图形薄膜的缺陷，然后研磨掉缺陷处的微米或亚微米尺度的结构。这里所说的制造者包括制造和修补上述的工件的人。

因此，FIB 系统的一个主要的应用是修补掩膜和刻线。在许多应用中，制造者使用纯粹的溅射，即不用气体辅助的溅射，来研磨想要的结构。用一束聚焦离子束扫描过衬底的表面会物理地溅射出衬底粒子，包括原子，离子和分子。溅射出的不挥发材料将在它碰到的任何地方凝聚。这种被称为再淀积的效应限制了制造微结构的精度。再淀积效应在刻出的凹陷的侧壁处尤其显著，特别是如果凹陷有大的纵横比，即是一个窄而深的凹槽。

20 目前在 FIB 修补衬底上图形薄膜中的缺陷中发现的缺点有：

- 不透明材料没完全去掉；
- 由于衬底（例如石英）中的注入离子的吸收引起的电磁辐射穿透率的降低。这种“玷污”现象在光刻照明光波长从近紫外，即 UV (365nm) 移到深紫外，即 DUV (248nm 和 193nm) 的时候变得更加显著；
- 以及不透明缺陷的下面和周围（河床效应）的衬底被去掉得太多。

在粒子束处理过程中，例如采用聚焦束的粒子束淀积和粒子束刻蚀，被处理的工件是在真空中淀积并且被置于一个产生粒子束的圆柱之下。粒子束柱被激活，产生打击工件表面的粒子。为利于处理工件，反应材料，例如流体，更多的是气体，可以对准被处理工件的表面。反应材料与粒子束合作以增强或改进正在进行的淀积或刻蚀。

当在 FIB 刻蚀中把气体导向工件的表面的时候，这种处理一般被作气体辅助刻蚀 (GAE)。

Hattori 及其同事的编号为 4,951,097 的美国专利，包含在参考文献中，公开了采用氯刻蚀气用来修补图形薄膜的一套设备。但是，采用氯气的 GAE 系统有缺点。一套有效的氯气 GAE 系统需要一台不会产生不纯气体的真空泵。GAE 系统本身也遭受氯气的腐蚀效应的作用。而且氯气不会产生达到目前制造者的要求的选择性刻蚀或增强刻蚀。

编号为 6-129260 的日本专利申请，包含在参考文献中，公开了在 GAE 过程中使用碘气。但是，碘也有缺点。碘经常需要加热以产生足够的蒸气压来在刻蚀处理中起辅助作用。在室内的被加热的元件引起支持掩膜的部件的热致机械漂移，这将减低操作者的维持随着时间掩膜相对于 FIB 的位置的能力。这种加热也能引起掩膜的热膨胀。在 FIB 微加工中的这种热膨胀是不好的，因为掩膜微结构的尺寸是决定性的。碘也难以从工件上抽走。所以，当工件被从真空室中移走时碘仍然能刻蚀。并且由于它的气味，碘难以使用。

在 “Characteristics of gas-assisted focused ion beam etching”，J. Vac. Sci. Technol. B., 11(2), p. 234, (1992)，包含在参考文献中，R. J. Young, J. R. A. Clever 和 H. Ahmed 一般性地描述了 GAE。

因此，本发明的一个目的是提供改进修补衬底上不透明图形薄膜中的缺陷的 GAE 方法。

本发明提供了利用聚焦粒子束系统从衬底上的不透明图形薄膜中去掉多余部分的方法。一方面，本发明提供了一种方法，包括以下步骤：(i) 把工件放在可在 X 和 Y 方向移动的台上，(ii) 用聚焦粒子束扫描衬底上不透明图形薄膜的被选中表面区域，(iii) 探测作为工件扫描步骤的结果从工件中发射出的粒子的强度，(iv) 根据探测到的粒子的强度确定图形薄膜的形状，(v) 根据图形薄膜的形状确定其多余的部分，(vi) 用聚焦粒子束刻蚀多余的部分，(vii) 刻蚀步骤的同时，在多余部分的附近引入刻蚀气体。刻蚀气体包括溴。刻蚀气体还可以包括水蒸气。制造者可以在衬底上用不同的图形薄膜，包括溴基薄膜和硅化钼薄膜。制造者可以用不同的材料，包括石英，制造衬底。

在本发明的一个实施方案中，上述方法可以进一步包括以下步骤

(i) 在所说的引入步骤之后用聚焦粒子束扫描衬底的被选中的区域，  
和 (ii) 在衬底扫描步骤的同时，使用清除气体去掉衬底被选中区域  
的表面层，以保证衬底被选中区域电磁辐射的高穿透率。制造者可以  
5 用氟基清除气体，例如二氟化氙。

在本发明的另一个实施方案中，对工件的被选中区域的扫描步骤  
还可以包括在扫描步骤的同时在被选中区域的附近引入包含溴的刻蚀  
气体。

10 这里所用的术语溴包括在其骨干 (skeleton) 中包含溴原子的任  
何化合物。上述的化合物最好是在气体辅助刻蚀中使用时可以产生溴  
分子的化合物。

这里所用的术语铬膜包括铬膜和氧化铬膜。

这里所用的术语硅化钼膜包括硅化钼膜和硅化钼氮氧膜。

15 这里所用的术语粒子束包括离子束，电子束，中性粒子束，X 射  
线和任何其它适合对工件进行成象和刻蚀的定向辐射。此外，正如将  
要在下文中更详细解释的，术语粒子束将包括离子束，包括由可以买  
到的聚焦离子束系统 (FIB) 产生的镓离子束和由气体场离子源产生的  
惰性气体 (例如氮和氩) 离子束。

图 1 是用来实现本发明的聚焦粒子束系统的示意图；

20 图 2 是与图 1 的聚焦粒子束系统一起使用的气体传递系统的一种  
实施方案的示意图；

图 3 用图说明了实现本发明使用的图 1 的聚焦粒子束系统的一种  
光栅扫描的步骤；

25 图 4A-4C 显示了图 1 的工件的横截面图，该图说明了随着根据本  
发明的修补步骤的进行工件发生的变化；

图 5 是图 4A-4C 的图形薄膜的修补过的缺陷和相应的河床的顶部  
示意图；

图 6 是图 5 的修补过的缺陷和相应的河床的示意性横截面图；

图 7 是根据本发明修补衬底上不透明图形薄膜的过程的流程图。

30 用聚焦粒子束扫描衬底的表面会物理地溅射出衬底粒子，即原  
子，离子和分子。引入在粒子束的影响下会与衬底材料反应并形成反  
应物的气相刻蚀剂可以增强这种溅射过程；这些反应物比单独由粒子

束产生的粒子更容易挥发。这些挥发性的反应物更容易从衬底表面移走，因此增加了溅射过程的效率。在诸如修补不透明缺陷这样的行动中有益的选择性刻蚀可以进行。如果引入气相刻蚀剂可以在提高聚焦粒子束去掉一种材料，如铬膜，的同时，防止去掉另一种材料，如石英，那么选择性刻蚀可以进行。例如，相对于石英衬底对铬膜有选择性的刻蚀剂将允许用比去掉同等厚度的石英小的粒子束剂量去掉一定厚度的铬膜。这种选择性刻蚀允许用较少的粒子束剂量更快更完全地去掉在衬底上不透明图形薄膜上的多余的部分，同时较少去掉多余部分周围（河床）的衬底和较少玷污衬底。

图 1 描绘了聚焦粒子束的一个实例，即按照本发明用来修补衬底上不透明图形薄膜的一个离子束（FIB）系统 10。图 1 的系统 10 包括离子柱 12，真空室 22，反应材料传输系统 34 和使用者控制台 50。系统 10 提供一个可以精确研磨一个衬底上不透明图形薄膜的工件的聚焦粒子束系统。该工件被置于真空室 22 之内并且被由柱 12 产生的离子束控制以对该工件进行成象和研磨。为清晰起见，图 4 和图 5 描绘了一种制造者可以置之于室 22 之内并且用系统 10 处理的工件的一部分。制造者可以用如在此所画的聚焦粒子束系统实现本发明。两个用来实现本发明的 FIB 系统的例子是修改的 Micrion FIB 系统 9100 和 8000 型，Massachusetts，Peabody 的 Micrion 公司出售。

型号 9100 有一个多轴倾斜台和一个成象分辨率为 10nm 的 30kev 的 Ga<sup>+</sup>离子柱。型号 9100 可以改装为向真空室 22 同时发射两种气体。型号 8000 有一个干涉仪引导的 x-y 台，一个成象分辨率为 25nm 的 30kev 的 Ga<sup>+</sup>离子柱。型号 8000 还有多元成象和适应性束间隔。型号 8000 还可以改装为向真空室 22 同时发射两种气体。

再次参见图 1 所画的实例，离子柱 12 包括一离子源 14，一引出电极 16，一聚焦单元 18，偏转单元 19，和一聚焦离子束 20。离子柱 12 位于真空室 22 的上面，真空室 22 内有台 24，平台 26，工件 30，二次粒子探测器 28 和电荷中和单元 32。正如图 1 所示，反应材料传送系统 34 包括库 36，压力计 40，装有发动机的阀门单元 42，和传送管道 44。使用者控制台 50 可以包括处理器 52，图案识别单元 54，存储单元 56，显示单元 60，扫描发生器单元 62，静态寄存器 64。为了描述方便，定义 FIB 的轴为 Z 轴。于是，X-Y 平面被定义为垂直 FIB

轴，即 Z 轴的平面。

对本领域技术人员显而易见的是，图 10 中的系统 10 包括一个有离子柱 12 的传统 FIB 系统，该离子柱位于真空室 22 之上，真空室 22 有向室 22 内提供反应材料的反应材料传送系统 34。正如可以被本领域技术人员认识到的，所画的离子柱 12 是适合实现本发明的一个离子柱的示意图。所画的离子柱 12 包括离子源 14，例如，可以是诸如镓离子源的液态金属离子源 (LMIS)，或者诸如氯离子源的气体场离子源 (GFIS)。离子源 14 位于引出电极 16 的上面。引出电极 16 产生足够的电场以从离子源 14 中拉出离子流。正如将要进一步描述的，离子柱 12 包括可以偏转离子束 20 以扫描工件 30 表面的偏转单元 19。

类似地，抽空室 22 可以是一个传统的抽空室，包括用来支撑诸如支持工件 30 的传送支架 26 的工件台单元 24。平台 24 最好是对正在被系统 10 操作的工件的位移提供三维控制的可移动的工作台。类似地，抽空室 22 包括电荷中和单元 32，例如电子枪，还可以包括用来探测诸如电子，离子，或任何其它适合产生工件图象的二次粒子的二次粒子探测器 28。任何与这里所画的示意图一样的真空室 22 都可以用来实现本发明，包括与上述的 FIB 系统合在一起由 Massachusetts, Peabody 的 Micrion 公司出售的真空室。

类似地，反应材料传送系统 34 可以是任何传统的适合传送反应材料，例如溴气，进入真空室 22 内，特别是进入室 22 内和工件表面附近的反应材料传送系统。反应材料传送系统 34 可以传送材料到工件 30 的表面以增强对表面的刻蚀或成象。

所画的反应材料 34 包括在液体传输中与液体传送管道 44 连接的库 36，液体传送管道 44 形成有一末梢部分作为传送反应材料到工件的表面的喷嘴。所画的反应材料传送系统 34 包括一个与管道 44 连接的、用来测量管道 44 内任何正在被传送到工件 30 表面的反应材料的传送压力的压力计 40。压力计 40 还与装有发动机的阀门单元 42 相连。装有发动机的阀门单元 42 是有选择地可控的，用来增加或减少通过液体传送管道 44 的库 36 的反应材料流量。图 1 中所画的压力计 40 和装有发动机的阀门单元 42 的安排形成了一个反馈控制系统，其中压力计 40 测量管道 44 内的传送压力并且有选择地控制装有发动机的阀门单元 42 以增加或减少反应材料的流量以便维持一个所需的传送压

力。

图 2 描绘了反应材料传送系统 34 的一个比较好的实现方案。这个实现方案包括一个用来在所选的工件附近同时传送两种刻蚀剂 70 和 71 的双喷嘴系统。刻蚀剂流率由在一装有发动机、可变的口 72 及 73 和压力传感器 74 和 75 之间的一个反馈环控制。

制造者可以根据本发明，在选定的 FIB 与工件接触的目标点的附近定位喷嘴的尖。目标点和喷嘴尖间距离的一个比较好的范围是在 X-Y 平面内为 100 到 600 微米和在 Z 方向为 100 到 400 微米。喷嘴的内径在 100 到 400 微米之间比较好。

图 3 显示了图 1 的聚焦粒子束光栅扫描过程。处理器 52，根据目标物体的 X 和 Y 坐标控制粒子束的方向以根据坐标研磨工件 30 的表面。注意到光栅图案轮廓 83 不一定是如图所示的矩形是重要的。轮廓可以有不同的几何形状，包括圆形或正方形。在一个实现方案中，处理器 112 产生一系列研磨指令用来操作离子柱 12 以实现如图 3 所画的数字光栅图案。图 3 显示了一个由一系列象素点 84 及相应的间距 86 组成的数字光栅图案 82。所示的数字光栅图案是一个蛇型光栅图案。然而，制造者可以使用不同的光栅图案包括螺旋型图案。而且，间距经常小于束点的尺寸。典型的束点的尺寸大约在 0.7 微米到 0.2 微米之间。如图 3 所示，处理器单元 52 产生一组代表 X 和 Y 位置的指令来控制离子束 20 的方向以研磨工件 30 的表面。重要的是处理器是可编程的。

图 4A 至图 4C 显示了使用图 1 中的聚焦粒子束修补衬底上图形薄膜的一种实现方案。这些图显示了工件 30 的一部分 30a 的横截面。图 4A 显示工件的一部分 30a，该工件有在衬底 88 上有一多余部分 92 的图形薄膜 90。

本发明提供了从在如图 4A 和 5 所示的衬底 88 上的图形薄膜 90 中去掉多余部分的一种处理方法。在图 7 中提供了根据本发明的一个实现方案的流程图。参考图 4A 至 4C，图 5 和图 7，此实现方案包括下面步骤：步骤 100 把工件 30 置于一个可以在 X 和 Y 方向移动的台子之上；步骤 102 用聚焦粒子束 20 扫描选定的工件表面区域 98（重要的是，所画的表面区域 98 只是这样的表面区域的一个例子，即被扫描的区域可以是不同的形状和尺寸），该工件有衬底上的不透明图形薄膜；步

步骤 104 在步骤 102 的同时向选定区域引入包括溴的刻蚀气体；步骤 106 探测由于用聚焦粒子束扫描而从工件中发射出的粒子的强度；步骤 108 根据探测到的粒子的强度确定有图案的薄膜的形状；步骤 110 确定图形薄膜的多余的部分 92；步骤 112 用聚焦离子束刻蚀多余的部分；步骤 114 在刻蚀步骤的同时向选定的多余部分的周围引入刻蚀气体。

刻蚀气体还可以包括水蒸汽。在本发明的一个实现方案中，比较好的水蒸汽与溴的比例是 1 摩尔的水比 1 到 100 摩尔的溴。更好的比例是 1 摩尔水比 5 到 30 摩尔溴，更好的是大约 1 摩尔的水比大约 10 摩尔的溴。

真空的基本压强最好在  $10^{-6}$  Torr 或者更少。气体喷嘴的最大流率被允许的样品室内的气压上升值限制。因此，流率应该被限定在不会使真空的基本压强高于  $10^{-5}$  Torr。

制造者可以在衬底上用不同的图形薄膜，包括铬膜和硅酸钼膜。在本发明的一个实现方案中衬底是石英。

图 4B 显示了图 7 的步骤 114 完成后工件 30a 的一部分。聚焦粒子束系统用聚焦粒子束 20 去掉图形薄膜 90 多余的部分 92，修好了工件。

在本发明的一个实现方案中，上面描述的方法可以进一步包括以下步骤 (i) 用聚焦粒子束扫描衬底上被选定的部分，(ii) 在衬底扫描步骤的同时，使用清除气体去掉衬底被选定部分的表面层以保证衬底被选定部分高的电磁辐射穿透率。在一个比较好的实现方案中，清除气体是氟基清除气，二氟化氙更好。

图 4C 显示了使用清除气体后工件 30 的一部分。相对于图 4B 中的区域 96，图 4C 中显示的同一区域 96 已经被掉了一层。制造者用这种清除步骤去掉衬底的玷污并且保证高的穿过衬底的电磁辐射穿透率。

图 5 是图 4A 至图 4C 显示的工件的一部分 30a 的顶视图。图 5 显示了已经掉了多余部分 92 的衬底上的不透明图形薄膜。图 5 还显示了与之相应的作为刻蚀多余部分 92 的结果聚焦粒子束引起的河床 97。

图 6 显示了河床 97 的横截面图。制造者试图使河床的深度 100 为

一最小值，特别是当制造掩模和刻线的时候，因为河床可能有对电磁辐射的穿透率有害的效应。GAE 刻蚀可能去掉正在被去掉的多余部分之下的那部分衬底。对多余部分之下的那部分衬底的去除被称为过刻蚀 99。制造者试图使过刻蚀 99 为最小值。还有，制造者试图使被去掉的多余部分之下的那部分衬底光滑平整，即表面 102 与 X-Y 平面基本平行且和表面 102 的大部分有基本相同的 Z 坐标。

参考图 1，对离子柱 12、电荷中和单元 32 和二次粒子探测器 28 的操作由控制台 50 控制。所画的控制台 50 包括处理器单元 52，它有一个包含静态寄存器 64 的扫描产生器单元 62。处理器单元 52 通过一 10 传输路径与一个与离子束柱 12 相连的控制单元 58 相连接。所画的处理器单元 52 可以是一个传统的计算机处理器单元，包括一 CPU、一程序内存、一数据内存和一输入/输出设备。一个合适的处理器单元 52 是一个运行 Unix 操作系统的 Sun 工作站。

正如图 1 进一步描述的，处理器单元 52 可以通过输入/输出设备 15 连接扫描发生器单元 62。在一个实现方案中，扫描发生器单元是一个通过处理器输入/输出设备连接处理器 52 的电路卡。图 1 中的电路卡扫描发生器单元 62 包括一个用于存储代表扫描图案的数据的扫描内存，采用系统 10 用离子束 20 扫描工件 30 的表面以有选择地研磨或刻蚀工件 30 的表面可以得到扫描图案。

图 1 中的扫描发生器板单元 62 可以是一个有足够的内存用来存储代表粒子束系统 10 正在处理的工件位置的数字数据信息的传统的计算机存储电路卡。典型地，一个适用于本发明的扫描发生器板包括一系 20 列内存位置，每一个位置相应于工件表面的一个位置。每一个内存位置存储代表工件 X 和 Y 位置的数据，并且最好对于每一个 X 和 Y 位置还有一个寄存器用来存储代表保持粒子束位于在衬底表面、由相应的 XY 对代表的位置上的时间的数据。相应地，静态寄存器提供一个用于存储把聚焦粒子束用在工件表面的驻留时间的内存位置，从而允许控制到达工件的剂量。

对聚焦粒子束处理和系统领域的技术人员显而易见的是，可以认为到达工件上某一位置的剂量大体上决定从工件的那个位置移走的材料的深度。相应地，也可以认为存储在静态寄存器内的驻留时间信号代表了粒子束研磨处理的深度或 Z 方向尺度。因此，与扫描发生器板

62 相连的处理器 52 提供了一个用来产生可以在三维控制聚焦粒子束系统研磨或刻蚀过程的研磨信号的多维研磨单元。

相应地，处理器 52 使用由扫描发生器板 62 维持的 X, Y 和 Z 数据来产生研磨信号，该信号通过传输通道 66 被传到离子柱 12 的控制单元 58。在所描述的实现方案中，研磨信号向控制单元 58 提供信息用于操作偏转器单元 19 来偏转聚焦粒子束，使聚焦粒子束扫描工件 30 的表面，并且保持聚焦粒子束位于选定区域一段驻留时间以便研磨到选定的深度。工件 30 的表面一般对应于一个由一对垂直的 XY 轴定义的二维平面。一般被认为沿着平行于聚焦粒子束 20 的路径延伸的 Z 轴通常垂直于被工件 30 的表面的 XY 轴定义的平面。通过控制粒子束 20 的位置和束 20 撞击工件 30 表面的时间，可以去掉在工件 30 选定位置的材料。相应地，系统 10 提供对研磨处理的多维控制从而允许粒子束 20 移走工件 30 的选定部分。

虽然图 1 描绘了包括偏转单元 19 的离子柱 12，偏转单元 19 用于偏转离子束 20 扫描工件 30 的表面从而把聚焦粒子束对准工件 30 表面的一选定部分，对聚焦粒子束工艺领域的技术人员显而易见的是任何适合把聚焦粒子束对准工件 30 表面的选定部分的系统都可以用于实现本发明。例如，在另一个实现方案中平台 24 可以在对应于研磨处理的 X, Y 和 Z 空间的 X, Y 和 Z 空间移动，并且处理器 52 产生的研磨信号可以供给一个移动载有工件 30 的台子的台控制系统，以便把工件 30 的选定部分直接放置在聚焦粒子束的路径上来研磨工件 30。其他控制粒子束的系统和方法可以用于实现本发明而不偏离本发明的范围。

正如从上面的描述可以看出的，图 1 所描绘的系统 10 提供了一个用于修补衬底上有图案不透明薄膜的系统，该系统自动辨认多余部分的位置和形状，并且从位置和形状信息中产生一套控制信号，它控制聚焦粒子束方向来刻蚀工件从而去掉多余部分使图形薄膜具有一个精确的形状。

### 例子

进行下面的步骤：Micrion FIB 9100 和 8000 被用于 GAE 实验。30 实验者根据本发明进行一个工序，其中的不透明材料是铬基薄膜和硅酸钼基薄膜，透明衬底材料是石英。真空室内的基本压强大约为  $10^{-6}$  Torr。刻蚀气体成分通过两个喷嘴传输。选择的喷嘴尖和聚焦粒子束

与工件作用的位置间的距离范围是在 X-Y 平面内为大约 100 到 600 微米，在 Z 方向为 100 到 400 微米。喷嘴的内径在 100 和 400 微米之间。

#### 扫描电子显微镜

使用了一个 JEOL model 6400 场发射扫描电子显微镜，用低加速电压评价不透明修补。

#### 光学显微镜

使用有反射，透射和干涉成象能力的光学显微镜初步评价铬基薄膜和硅酸钼薄膜，石英河床和 Ga 玷污（在可见光波长范围）

#### 原子力显微镜

用原子力显微镜评价了不透明修补。（Advanced Materials Laboratory Concord, MA）。三维修补轮廓具有吸收物去掉完全，修补光滑和河床尺寸恰当的特征。

#### Dektak 轮廓仪

用有一 2 微米笔尖的 Dektak IIA 轮廓仪测定铬基薄膜，硅酸钼薄膜和石英的刻蚀增强。关于河床和表面粗糙的细节需要 AFM 分析。

#### 用于 Cr 的溴基刻蚀剂混合物

开发了相对于直接溅射可以提高 2 倍对 Cr 的去除而同时抑制 30%-70% 的石英去除的包括溴和水蒸气的气体混合物。水蒸气对溴的比例为 1 摩尔水比大约 5 到 30 摩尔的溴。最佳比例为 1 摩尔水比大约 20 摩尔溴。使用这种溴基刻蚀剂混合物的 Cr 修补的 AFM 评估表明小于 35 纳米的河床是可以达到的。

#### 用于硅酸钼的溴基刻蚀剂混合物

与上面报告的用于 Cr 掩模的类似，开发了相对于直接溅射可以提高 2 倍对 Cr 的去除而同时抑制 30%-70% 的石英去除的包括溴和水蒸气的气体混合物。

溴和水蒸气辅助刻蚀修补不透明缺陷的好处包括：

- 与无气体辅助溅射刻蚀相比移走铬基薄膜所需的 Ga 束剂量小 2.0 到 2.2 倍；
- 对下面的衬底的伤害最小；石英表面光滑平整；过刻蚀为 1-5 纳米；
- 不透明缺陷周围的河床的深度显著地小于无气体辅助溅射刻蚀中观察到的；溴辅助刻蚀产生 5-25 纳米之间的河床，比较纯粹溅射刻

蚀的 80-100 纳米的河床是一个很大的提高；

- 在透明石英衬底中减少注入的 Ga 从而减少透明石英衬底的玷污 (%T 的损失)；
- 被修补区域内和周围的 %T (穿透率) 在 365 纳米波长增大了 5 97%.

正如可以从上面的描述中看到的，本发明提供了使用 GAE 修补有衬底上有图案不透明薄膜的工件的改进方法。熟悉 GAE 工艺的人会看出可以改变上述的实现和过程而不偏离本发明广泛的发明概念。因此还要被认识到的是，本发明并不受这里描述的具体实现方案的限制，  
10 而是力图覆盖由附加的权利要求限定的、在本发明的精神和范畴之内的改动。

## 说 明 书 附 图

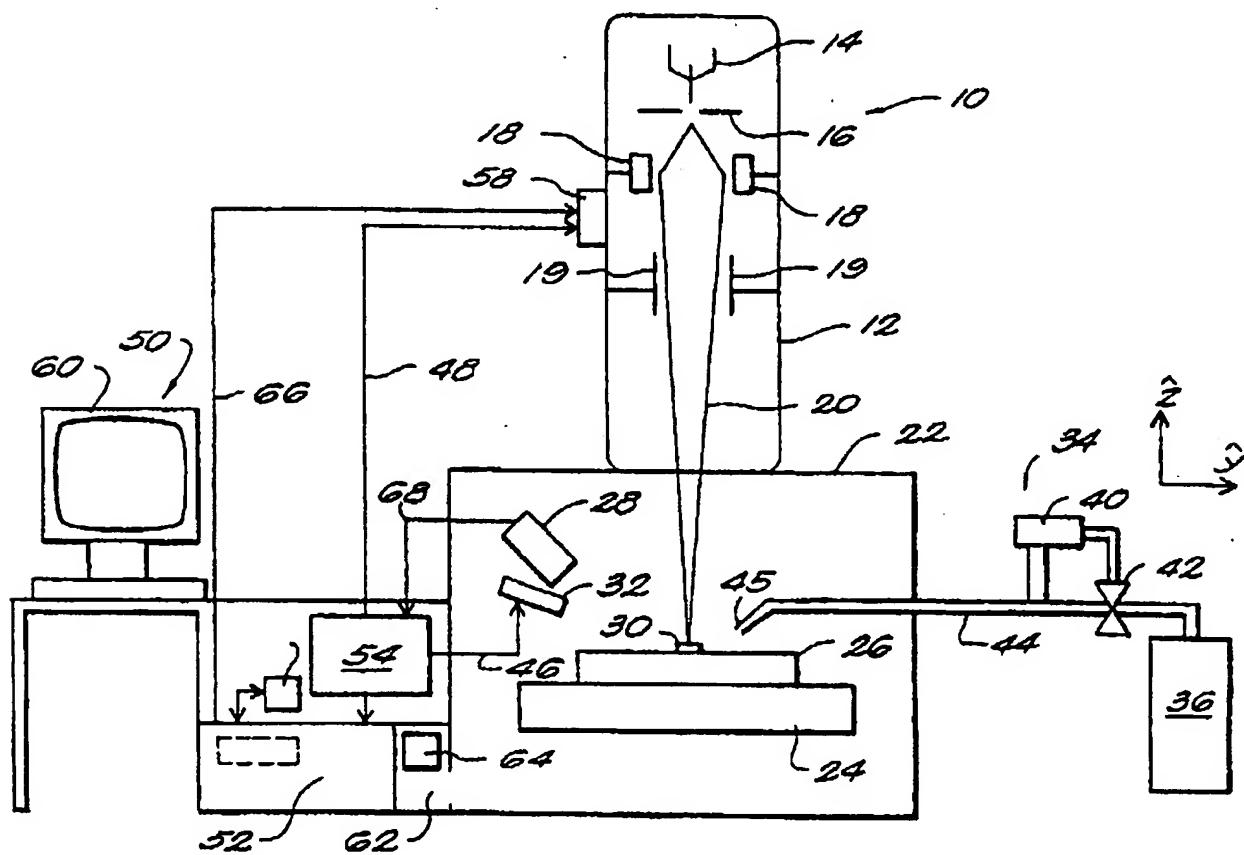


图 1

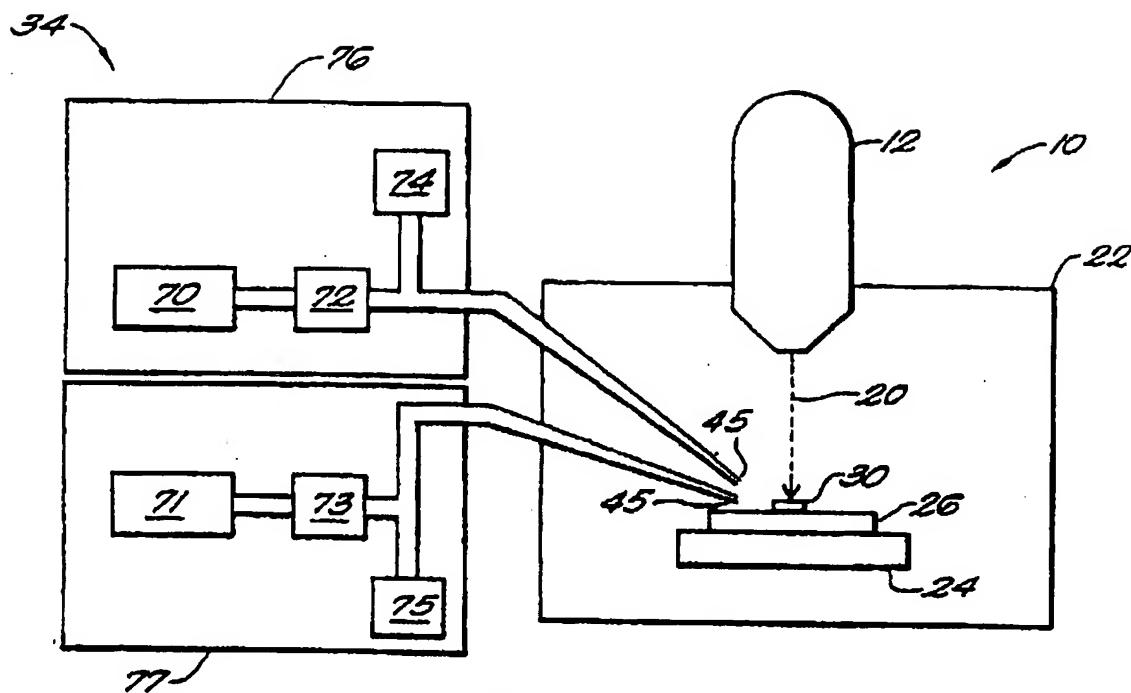


图 2

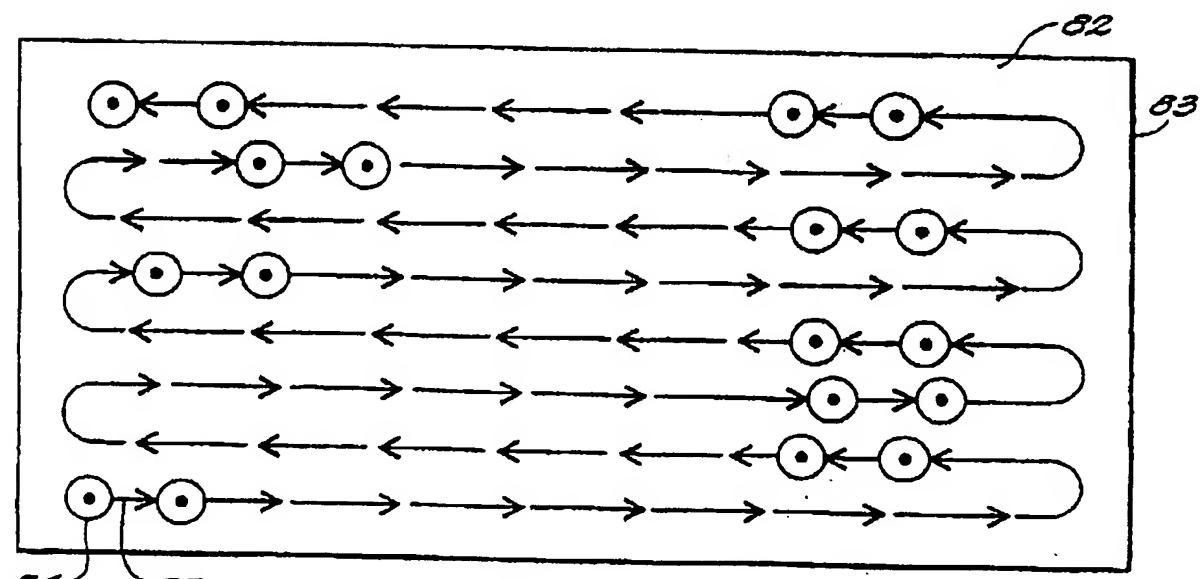


图 3

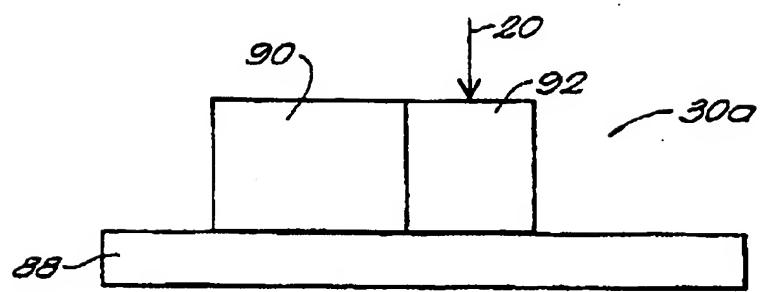


图 4A

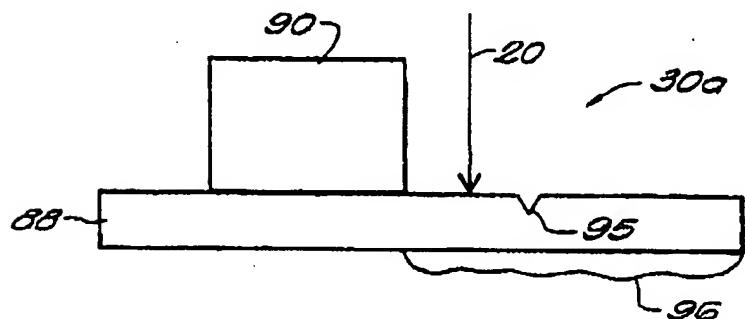


图 4B

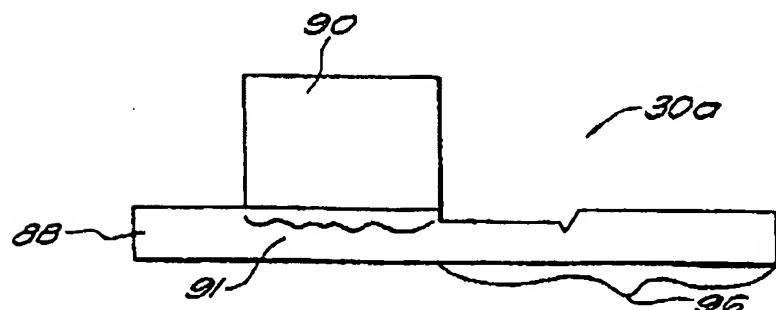


图 4C

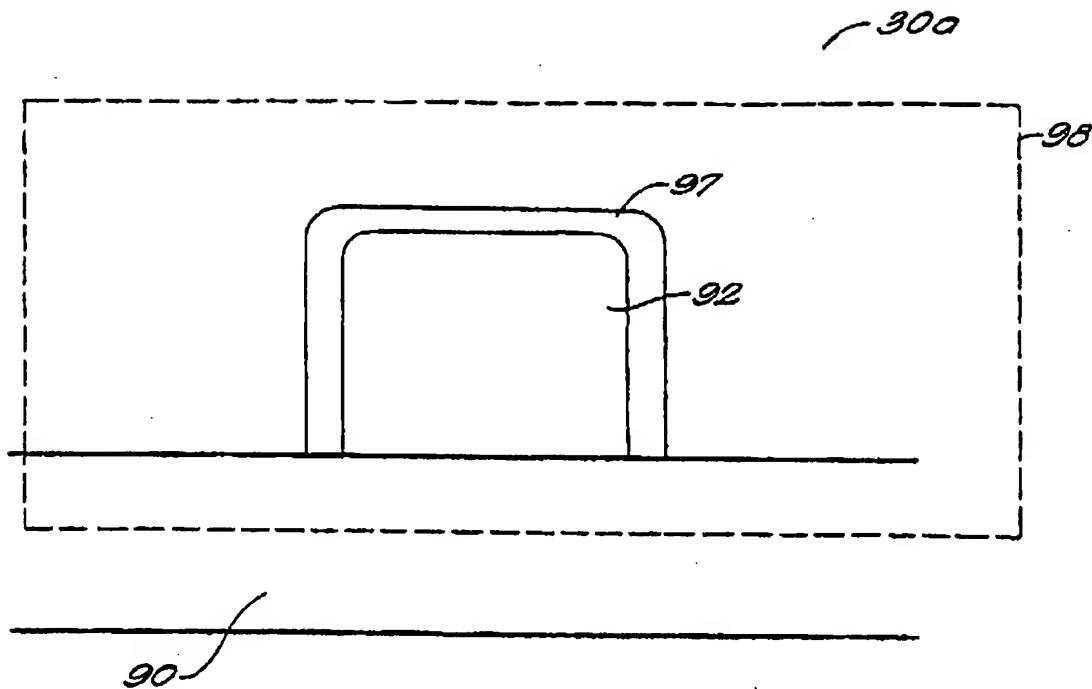


图 5

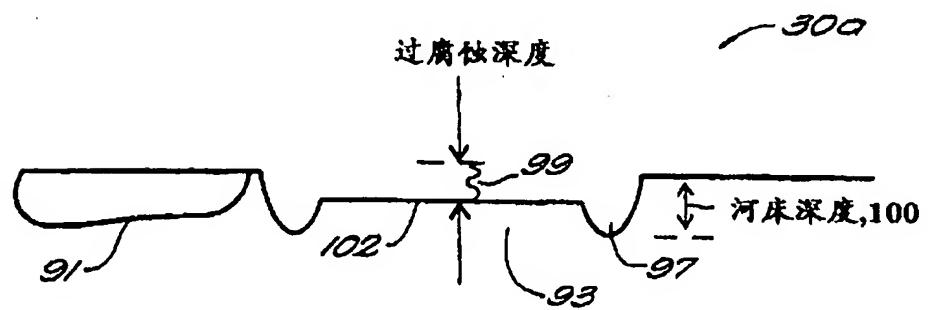


图 6

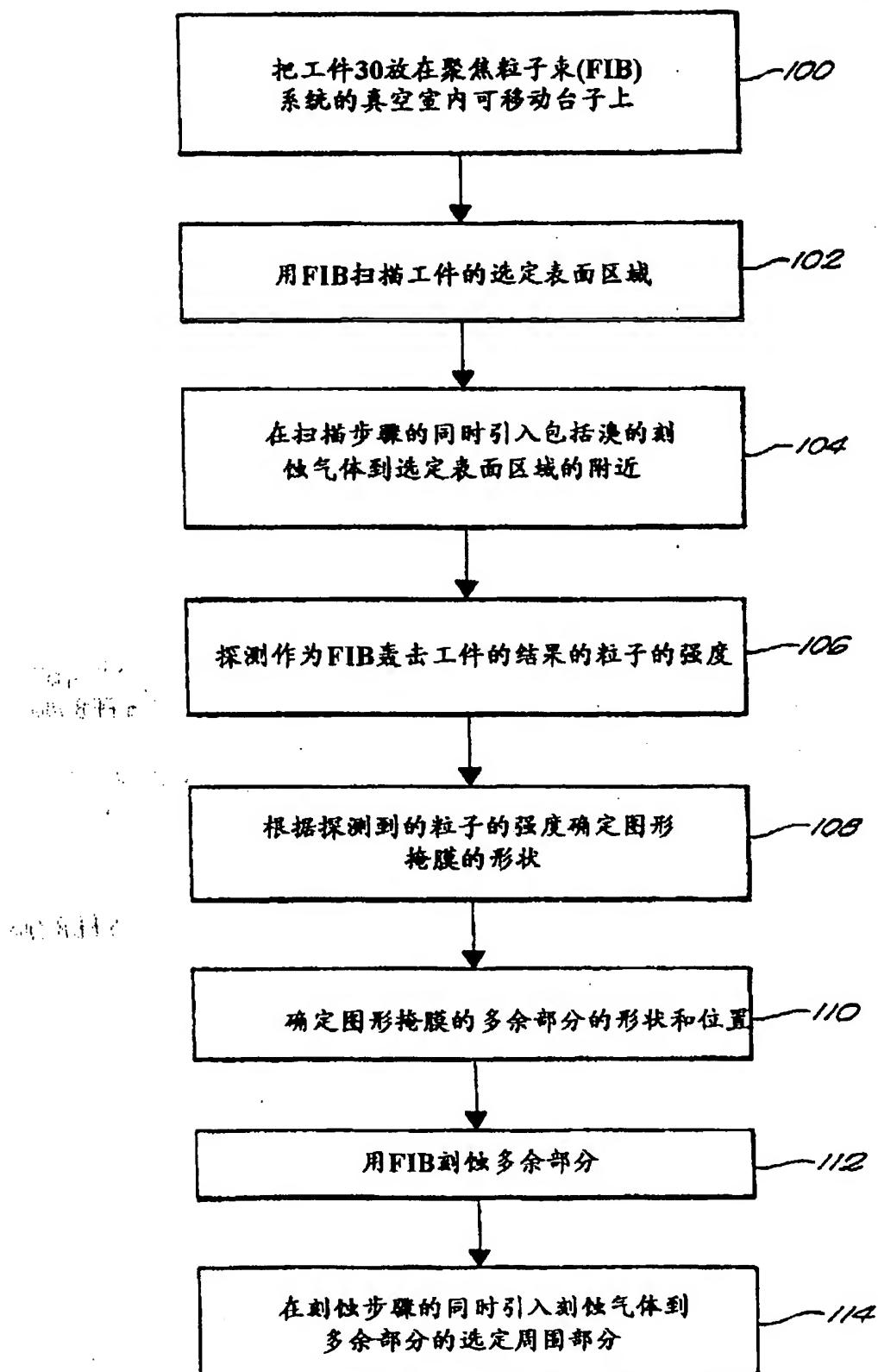


图 7